3. Демкин В. И., Можаева Г. В. *Организация учебного процесса на основе технологий дистанционного обучения. Учебно-методическое пособие.* – Томск: ТГУ, 2003.

Д. В. Фирстов, Д. В. Бережной, Е. В. Бирюльцев
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
firstquad@mail.ru, berezhnoi.dmitri@mail.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ПОГЛОЩАЮЩИХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ МКЭ

При численной реализации решений динамических задач механики сплошной среды существует проблема возникновения волн, отраженных от границ изучаемой области. Известны способы решения данной проблемы, основанные на формировании "прозрачных границ" [1, 2], разработанных для ряда частных случаев "поглощающего слоя" [3], которые требуют ввода дополнительных алгоритмов в численную схему. Также возможно применение увеличения размера расчетной области до величины, исключающей воздействие отраженных от границ волн (области расширения модели) [1], что ведет к резкому увеличению объема моделирования, особенно в случае моделей 3D. В предлагаемом подходе к построению "поглощающих граничных условий", область моделирования и область расширения модели представлены телом Фойгта. В области расширения параметры, определяющие затухание, плавно увеличиваются от границы области моделирования к границе области расширения. Плавное изменение данного параметра позволяет минимизировать отражения от слоев с различным коэффициентом затухания. На основе данного подхода разработан алгоритм определения распределения коэффициента затухания в области расширения.

Проведен ряд вычислительных экспериментов, показавших хорошее совпадение модельных упругих волн при использовании предложенного подхода и моделирования с областью расширения, исключающий приход отраженных волн от границ расчетной области в область моделирования. Выявлено отличие получаемых модельных волн в низкочастотной части спектра, что обусловлено недостаточным поглощением данной части спектра вязко-упругой средой области расширения. Предложенный подход не требует введения специальных процедур и функций в используемую численную схему. Требуемая область расширения существенно меньше, чем в классическом случае области расширения без затухания. Отличия в низкочастотной части спектра могут регулироваться путем задания размера области расширения до допустимых величин. Для улучшения поглощения низкочастотной части спектра может быть также предложено увеличение в области расширения не только коэффициентов затухания, но и размеров ячеек, что является направлением дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Софронов И. Л. *Математическое моделирование.* – М.: Мир, 2007. – 300 с.

2. Випиченко А. А., Зайцев Н. А. *Прозрачные граничные условия для волнового уравнения в квадратной области.* М., 2007. – С. 50–55.

3. Пашков С. В. *Прозрачные границы. Уменьшение погрешности, вносимой границей расчетной области при числен-*

ном моделировании конечного участка бесконечного пространства. – Томск, 2007. – 230 с.

А. Г. Фролов

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

Alexander_ksu@mail.ru

МЕТОД КОЛЛОКАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О СОБСТВЕННЫХ ВОЛНАХ ГРАДИЕНТНОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА

Задача поиска собственных волн слабонаправляющего волновода сводится к спектральной задаче поиска таких значений параметров χ и λ, при которых существуют ненулевые функции u [1], удовлетворяющие уравнениям Гельмгольца

$$\Delta u + \chi^2 u = -\lambda p^2 u, \quad x \in \Omega, \tag{1}$$

$$\Delta u + \chi^2 u = 0, \quad x \in \Omega_\infty. \tag{2}$$

На границе Γ справедливы следующие условия сопряжения:

$$u^+ = u^-, \quad \partial u^+/\partial \nu = \partial u^-/\partial \nu, \quad x \in \Gamma. \tag{3}$$

Амплитуда u должна удовлетворять условиям излучения на бесконечности:

$$u \;=\; \sum_{l=-\infty}^{\infty} a_l H_l^{(1)}(\chi r)\exp(il\phi)\,, \quad |x| \geqslant 1\,. \tag{4}$$

Здесь использованы безразмерные параметры

$$p^2(x) = (n^2(x) - n_\infty^2)/({n_+}^2 - n_\infty^2), \quad k^2 = R^2\omega^2\varepsilon_0\mu_0,$$